

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**Light-radiating flip chip semiconductor device**

Patent Number: DE19921987  
Publication date: 1999-11-18  
Inventor(s): UEMURA TOSHIYA (JP); HORIUCHI SHIGEMI (JP)  
Applicant(s):: TOYODA GOSEI KK (JP)  
Requested Patent: ☐ DE19921987  
Application Number: DE19991021987 19990512  
Priority Number(s): JP19980150532 19980513; JP19980358549 19981217; JP19990056357 19990304  
IPC Classification: H01L33/00  
EC Classification: H01L33/00B4  
Equivalents:

---

**Abstract**

---

Light-radiating flip chip semiconductor device consists of group III element-nitride compound semiconductor layers (102, 103, 104, 104, 105, 106) on a substrate (101), and a positive electrode (101) containing at least one first positive electrode layer (120) formed on or over a p-doped semiconductor layer (106) and which reflects light back to the substrate.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2

1/9/1

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI

(c) 2000 Derwent Info Ltd. All rts. reserv.

012842912 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 2000-014744/200002

XRAM Acc No: C00-003176

XRPX Acc No: N00-011536

**Light-radiating flip chip semiconductor device**

Patent Assignee: TOYODA GOSEI KK (TOZA )

Inventor: HORIUCHI S; UEMURA T

Number of Countries: 003 Number of Patents: 004

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
DE 19921987	A1	19991118	DE 1021987	A	19990512	200002 B
JP 2000036619	A	20000202	JP 9956357	A	19990304	200017
JP 2000183400	A	20000630	JP 98358549	A	19981217	200037
KR 99088218	A	19991227	KR 9916927	A	19990512	200059

Priority Applications (No Type Date): JP 9956357 A 19990304; JP 98150532 A 19980513; JP 98358549 A 19981217

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
DE 19921987	A1		20	H01L-033/00	
JP 2000036619	A		11	H01L-033/00	
JP 2000183400	A		6	H01L-033/00	
KR 99088218	A			H01L-033/00	

Abstract (Basic): DE 19921987 A1

NOVELTY - Light-radiating flip chip semiconductor device consists of group III element-nitride compound semiconductor layers (102, 103, 104, 104, 105, 106) on a substrate (101), and a positive electrode (101) containing at least one first positive electrode layer (120) formed on or over a p-doped semiconductor layer (106) and which reflects light back to the substrate.

USE - As flip chip semiconductor.

ADVANTAGE - The device has high light strength and low control voltage.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows a side view of a flip chip semiconductor device.

Substrate (101)

Semiconductor layers (102-106)

p-doped semiconductor layer (106)

Positive electrode layer (12)

Insulating layer (130)

pp; 20 DwgNo 2/10

Technology Focus:

TECHNOLOGY FOCUS - INORGANIC CHEMISTRY - Preferred Device: The positive electrode (120) is a multilayer system made of many metal types. The device has a further thin layer (111) made of cobalt and/or nickel between the p-doped semiconductor layer (106) and the first positive electrode layer (120). The thickness of the thin layer is 2-200 angstroms. The device also has a further thin metal layer (112) made of gold or gold alloy of thickness 10-500 angstroms. An insulating layer (130) made of silicon dioxide, silicon nitride a titanium compound or polyamide is formed directly on the positive electrode layer.

Title Terms: LIGHT; RADIATE; FLIP; CHIP; SEMICONDUCTOR; DEVICE

Derwent Class: A85; L03; U11; U12

International Patent Class (Main): H01L-033/00

File Segment: CPI; EPI

Manual Codes (CPI/A-N): A12-E07C; A12-E11A; L04-C11; L04-C11C; L04-E03

Manual Codes (EPI/S-X): U11-E01C; U12-A01; U12-E01A1

## Polymer Indexing (PS):

&lt;01&gt;

\*001\* 018; P0635-R F70 D01

\*002\* 018; ND01; Q9999 Q7512; Q9999 Q7409 Q7330; Q9999 Q7476 Q7330; B9999  
B3270 B3190; K9552 K9483; K9610 K9483; K9712 K9676



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 199 21 987 A 1

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
H 01 L 33/00

21 Aktenzeichen: 199 21 987.7  
22 Anmeldetag: 12. 5. 99  
43 Offenlegungstag: 18. 11. 99

DE 199 21 987 A 1

30 Unionspriorität:

P 150532/98	13. 05. 98	JP
P 358549/98	17. 12. 98	JP
P 56357/99	04. 03. 99	JP

71 Anmelder:

Toyoda Gosei Co., Ltd., Aichi, JP

74 Vertreter:

Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner, 80336 München

72 Erfinder:

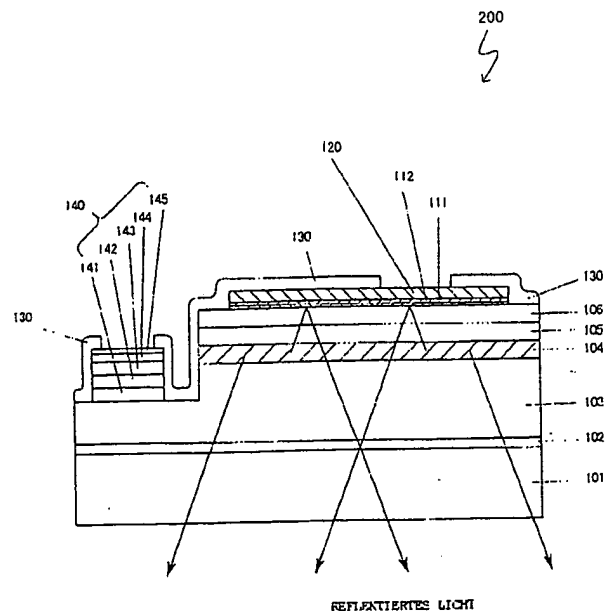
Uemura, Toshiya, Tsushima, Aichi, JP; Horiuchi, Shigemichi, Nagoya, Aichi, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Licht-Abstrahlende Halbleitervorrichtung mit Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungen

57 Eine Licht abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung (100; 200; 300; 150; 500; 600) mit Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungen weist eine dicke positive Elektrode (120) auf. Die positive Elektrode (120) aus zumindest Silber (Ag), Rhodium (Rh), Ruthenium (Ru), Platin (Pt), Palladium (Pd) oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung ist zu einer p-dotierten Halbleiterschicht (106) benachbart angeordnet und reflektiert Licht zu einem Saphirsubstrat (101) hin. Demzufolge kann eine positive Elektrode (120) mit einem hohen Reflexionsvermögen und einem geringen Kontaktwiderstand erzielt werden. Eine zwischen der p-dotierten Halbleiterschicht (106) und der dicken Elektrode (120) ausgebildeten ersten Dünnschicht-Metallschicht (111) aus Kobalt (Co) und Nickel (Ni) oder einer beliebigen, zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Verbindung, kann die Haftung zwischen einer Kontaktschicht und der dicken positiven Elektrode (120) verbessern. Die Dicke der ersten Dünnschicht-Metallelektrode (111) sollte vorzugsweise im Bereich von 2 Å bis 200 Å liegen, bevorzugt im Bereich von 5 Å bis 50 Å. Eine zweite Dünnschicht-Metallschicht (112) aus Gold (Au) kann die Haftung weiter verbessern.



DE 199 21 987 A 1

Die Erfindung betrifft eine Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung (engl. flip tip type), die auf einem Saphirsubstrat ausgebildete Gruppe-III-Element-Nitrid-Schichten aufweist. Im speziellen betrifft die Erfindung eine Vorrichtung mit einer hohen Lichtstärke und einer niedrigen Ansteuerungsspannung.

Fig. 7 zeigt eine Schnittansicht eines bekannten Lichtabstrahlenden Halbleiters 400 nach Schwenkspitzenbauart. Die Bezugszeichen 101, 102, 103, 104, 105, 106, 120, 130 und 140 bezeichnen ein Saphirsubstrat, eine Pufferschicht aus AlN oder GaN, eine n-dotierte GaN-Schicht, eine Abstrahlungsschicht, eine p-dotierte AlGaIn-Schicht, eine p-dotierte GaN-Schicht, eine positive Elektrode, eine Schutzschicht und eine negative Elektrode mit einem Vielschichtaufbau. Dabei ist die mit der Schicht 106 verbundene dicke positive Elektrode 120 eine Metallschicht mit einer Dicke von 3000 Å ( $10 \text{ Å} = 1 \text{ nm}$ ), die aus Metallen wie Nickel (Ni) oder Kobalt (Co) ausgebildet ist.

Zur wirksamen Reflexion des von einer Abstrahlungsschicht 104 abgestrahlten Lichtes zu einem Saphirsubstrat 101 hin wird üblicherweise eine dicke Metallelektrode als positive Schwenkspitzenelektrode 120 verwendet.

Es verbleibt jedoch ein Problem hinsichtlich der Lichtstärke. Bei der bekannten Vorrichtung wurden Metalle wie Nickel (Ni) oder Kobalt (Co) zur Ausbildung der dicken positiven Elektrode 120 verwendet. Deswegen war das Reflexionsvermögen für die sichtbaren (violetten, blauen und grünen) Strahlen, deren Wellenlängen im Bereich von 380 nm bis 550 nm liegen, unzureichend, und die Vorrichtung konnte keine adäquate Lichtstärke als Licht-abstrahlende Halbleitervorrichtung erzielen. Daher wurden weitere Verbesserungen erforderlich, wie sie vorliegend durch die Erfinder gewürdigt sind.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Lichtabstrahlende Halbleitervorrichtung mit einer hohen Lichtstärke und einer niedrigen Ansteuerungsspannung anzugeben.

Weiterhin wird eine Licht-abstrahlende Halbleitervorrichtung angegeben, deren Elektrode ein hohes Reflexionsvermögen und eine hohe Zuverlässigkeit aufweist, und bei der der Aufbau der Elektroden vereinfacht ist.

Die vorliegende Aufgabe wird gemäß einer ersten Ausgestaltung der Erfindung durch eine Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung unter Verwendung eines durch Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungshalbleiterschichten gebildeten Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungshalbleiters gelöst, der auf einem Substrat und einer positiven Elektrode unter Beinhaltung von zumindest einer Schicht einer ersten positiven Elektrodenschicht ausgebildet ist, die mit einer p-dotierten Halbleiterschicht elektrisch verbunden ist und Licht zu dem Substrat hin reflektiert. Die positive Elektrode weist zumindest Silber (Ag), Rhodium (Rh), Ruthenium (Ru), Platin (Pt) oder Palladium (Pd) oder eine zumindest eines dieser Metalle enthaltende Legierung auf. Die Dicke der positiven Elektrode sollte vorzugsweise im Bereich von 100 Å bis 5 µm liegen.

Zweitens wird erfindungsgemäß ein Vielschichtaufbau aus einer Vielzahl von Metallarten bei der vorstehend beschriebenen Elektrode ausgebildet. Wenn die auf oder über, d. h. vergleichsweise nahe der an der p-dotierten Halbleiterschicht ausgebildete erste positive Elektrode aus Silber (Ag), Rhodium (Rh), Ruthenium (Ru), Platin (Pt), Palladium (Pd) oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung ausgebildet ist, kommt die Wirkung der Erfindung zum Tragen. Nahezu alle der die erste positive Elektrodenschicht enthaltenden Unterschichten, die im Be-

reich von 1000 Å unter der positiven Elektrode angeordnet sind, sollten bevorzugt ebenfalls aus den vorstehend beschriebenen Metallen ausgebildet sein.

Drittens wird erfindungsgemäß eine erste Dünnschicht-Metallschicht aus zumindest Kobalt (Co), Nickel (Ni) oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung zwischen der p-dotierten Halbleiterschicht und der ersten positiven Elektrodenschicht ausgebildet.

Viertens wird erfindungsgemäß die Dicke der ersten Dünnschicht-Metallschicht im Bereich von 2 Å bis 200 Å definiert. Die Dicke der ersten Dünnschicht-Metallschicht sollte vorzugsweise im Bereich von 5 Å bis 50 Å liegen.

Fünftens wird erfindungsgemäß eine zweite Dünnschicht-Metallschicht aus zumindest Gold (Au) oder einer Gold (Au) enthaltenden Legierung zwischen der ersten Dünnschicht-Metallschicht und der ersten positiven Elektrodenschicht ausgebildet.

Sechstens wird erfindungsgemäß die Dicke der zweiten Dünnschicht-Metallschicht im Bereich von 10 Å bis 500 Å ausgebildet. Die Dicke der zweiten Dünnschicht-Metallschicht sollte vorzugsweise im Bereich von 30 Å bis 300 Å liegen.

Siebtens wird erfindungsgemäß die Dicke der ersten positiven Elektrodenschicht im Bereich von 0,01 µm bis 5 µm definiert. Die Dicke der ersten positiven Elektrodenschicht sollte vorzugsweise im Bereich von 0,05 µm bis 1 µm liegen.

Achtens wird erfindungsgemäß eine zweite positive Elektrodenschicht zumindest aus Gold (Au) oder einer Gold (Au) enthaltenden Legierung auf der ersten positiven Elektrodenschicht ausgebildet.

Neuntens wird erfindungsgemäß die Dicke der zweiten positiven Elektrodenschicht im Bereich von 0,03 µm bis 5 µm definiert. Die Dicke der zweiten positiven Elektrodenschicht sollte vorzugsweise im Bereich von 0,05 µm bis 3 µm liegen, bevorzugter im Bereich von 0,5 µm bis 2 µm.

Zehntens wird erfindungsgemäß eine dritte positive Elektrodenschicht aus zumindest Titan (Ti), Chrom (Cr) oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung auf der ersten positiven Elektrodenschicht oder der zweiten positiven Elektrodenschicht ausgebildet.

Elftens wird erfindungsgemäß die Dicke der dritten positiven Elektrodenmetallschicht im Bereich von 3 Å bis 1000 Å definiert. Die Dicke der dritten positiven Elektrodenschicht sollte vorzugsweise im Bereich von 3 Å bis 1000 Å bzw. 10 Å bis 500 Å und noch bevorzugter im Bereich von 15 Å bis 100 Å bzw. 5 Å bis 500 Å liegen.

Zwölftens wird erfindungsgemäß die erste positive Elektrodenschicht aus zumindest Rhodium (Rh), Ruthenium (Ru) oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung auf der p-dotierten Halbleiterschicht ausgebildet.

Dreizehtens weist erfindungsgemäß die positive Elektrode einen Vielschichtaufbau mit den nachstehenden drei Schichten auf: eine erste positive Elektrodenschicht aus zumindest Rhodium (Rh), Ruthenium (Ru) oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung; eine zweite positive Elektrodenschicht aus zumindest Gold (Au) oder einer Gold (Au) enthaltenden Legierung, die unmittelbar auf der ersten positiven Elektrodenschicht ausgebildet ist; und eine dritte positive Elektrodenschicht aus zumindest Titan (Ti), Chrom (Cr), oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierungen, die unmittelbar auf der zweiten positiven Elektrodenschicht ausgebildet ist. Die erste positive Elektrodenschicht ist unmittelbar mit der p-dotierten Halbleiterschicht verbunden.

Vierzehntens werden erfindungsgemäß die Dicken der ersten, zweiten und der dritten positiven Elektrodenschichten im Bereich von 0,02 µm bis 2 µm, bzw. 0,05 µm bis 3 µm,

bzw. 5 Å bis 500 Å definiert.

Fünftehtens wird erfindungsgemäß eine Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung mit einem Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungshalbleiter ange-  
geben, der durch auf einem Substrat ausgebildete Gruppe-III-  
Element-Nitrid-Verbindungshalbleiterschichten und einer  
zumindest eine Schicht einer auf oder über einer p-dotierten  
Halbleiterschicht ausgebildeten ersten positiven Elektroden-  
schicht enthaltenden und Licht zu dem Substrat hin reflekt-  
tierenden positiven Elektrode gebildet ist. Die positive Elek-  
trode weist einen Dreischichtaufbau auf, gebildet durch eine  
erste positive Elektrodenschicht aus zumindest Rhodium  
(Rh), Ruthenium (Ru) oder einer zumindest eines dieser  
Metalle enthaltenden Legierung, eine unmittelbar auf der er-  
sten positiven Elektrodenschicht ausgebildete zweite posi-  
tive Elektrodenschicht aus Titan (Ti), Chrom (Cr) oder einer  
zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung und  
eine unmittelbar auf der zweiten Elektrodenschicht ausge-  
bildete dritte positive Elektrodenschicht zumindest aus Gold  
(Au) oder einer Gold (Au) enthaltenden Legierung.

Sechzehntens wird erfindungsgemäß eine vierte positive  
Elektrodenschicht aus zumindest Titan (Ti), Chrom (Cr)  
oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Le-  
gierung unmittelbar auf der dritten positiven Elektroden-  
schicht ausgebildet.

Siebzehntens wird erfindungsgemäß eine isolierende  
Schutzschicht aus zumindest Siliziumoxid ( $\text{SiO}_2$ ), Silizium-  
nitrid ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ), einer Titanverbindung ( $\text{Ti}_x\text{N}_y$ , usw.) oder Po-  
lyamid unmittelbar auf den dritten und vierten positiven  
Elektrodenschichten ausgebildet.

Da jedes der Elemente Silber (Ag), Rhodium (Rh), Ru-  
thenium (Ru), Platin (Pt) und Palladium (Pd) ein großes Re-  
flexionsvermögen  $R$  ( $0,6 < R < 1,0$ ) im Hinblick auf sicht-  
bare (violette, blaue und grüne) Strahlen aufweist, deren  
Wellenlänge im Bereich von 380 nm bis 550 nm liegt, ver-  
bessert die Verwendung eines dieser Metalle oder einer zu-  
mindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung zur  
Ausbildung der ersten positiven Elektrodenschicht das Re-  
flexionsvermögen der positiven Elektrode. Demzufolge  
kann die erfindungsgemäße Vorrichtung eine hinreichende  
Lichtstärke als Licht-abstrahlende Halbleitervorrichtung er-  
zielen.

Fig. 6 zeigt eine Tabelle zur Veranschaulichung der Ei-  
genschaften der bei der ersten positiven Elektrodenschicht  
verwendeten Metalle. Einzelheiten der Auflistung sind bei  
den nachstehend aufgeführten Ausführungsbeispielen be-  
schrieben. Eine von den in Fig. 6 gezeigten vielfältigen Be-  
wertungen ausgehende Beurteilung ergibt, daß die fünf Me-  
tallarten, d. h. Rhodium (Rh), Platin (Pt), Ruthenium (Ru),  
Silber (Ag) und Palladium (Pd) nachweislich zur Ausbil-  
dung der ersten positiven Elektrodenschicht die Besten sind.

Da diese fünf Metalle eine hohe Austrittsarbeit aufwei-  
sen, ist der Kontaktwiderstand zwischen der p-dotierten  
Halbleiterschicht und Silber (Ag), Rhodium (Rh), Ru-  
thenium (Ru), Platin (Pt), Palladium (Pd) und einer zumin-  
dest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung gering. Das be-  
deutet, daß durch die Verwendung dieser Metalle eine Licht-  
abstrahlende Halbleitervorrichtung mit einer niedrigen An-  
steuerungsspannung bereitgestellt werden kann.

Da diese Metalle außerdem Edelmetalle oder Metalle der  
Platingruppe sind, wird beispielsweise die Altersdegenerie-  
rung der Korrosionsbeständigkeit gegen Feuchtigkeit ver-  
bessert, und es kann durch die Verwendung dieser Metalle  
eine hochqualitative Elektrode bereitgestellt werden.

Obwohl Rhodium (Ph) hinsichtlich des Reflexionsvermö-  
gens etwas schlechter als Silber (Ag) ist, weist es im Ver-  
gleich zu anderen Metallen bei anderen Eigenschaften die  
gleichen oder überlegene Eigenschaften auf. Daher ist Rho-

dium (Ph) zur Ausbildung der ersten positiven Elektroden-  
schicht nachweislich eines der besten Metalle.

Außerdem weist Ruthenium (Ru) ähnliche oder fast glei-  
che Eigenschaften wie Rhodium (Rh) auf. Folglich ist es zur  
Ausbildung der ersten positiven Elektrodenschicht nach-  
weislich auch eines der besten Metalle.

Durch die Ausbildung der ersten Dünnschicht-Metall-  
schicht wird die Haftung zwischen der ersten positiven  
Elektrodenschicht und der p-dotierten Halbleiterschicht ver-  
bessert, und es kann eine Licht-abstrahlende Vorrichtung  
mit einem haltbareren Aufbau bereitgestellt werden. Die  
Dicke der ersten Dünnschicht-Metallschicht sollte vorzugs-  
weise im Bereich von 2 Å bis 200 Å liegen. Wenn die Dicke  
der ersten Dünnschicht-Metallschicht weniger als 2 Å be-  
trägt, kann keine dauerhafte Haftung erzielt werden, und  
wenn sie über 200 Å liegt, wird das Lichtreflexionsvermö-  
gen der die dicke erste positive Elektrodenschicht ausbil-  
denden Elemente Silber (Ag), Rhodium (Rh), Ruthenium  
(Ru), Platin (Pt), Palladium (Pd) und einer zumindest eines  
dieser Metalle enthaltenden Legierung unzureichend.

Weiterhin wird durch die Ausbildung der zweiten Dün-  
nschicht-Metallschicht die Haftung zwischen der ersten posi-  
tiven Elektrodenschicht und der p-dotierten Halbleiter-  
schicht verbessert, und es kann eine Lichtabstrahlende Halb-  
leitervorrichtung mit einem noch dauerhafteren Aufbau be-  
reitgestellt werden. Die Dicke der zweiten Dünnschicht-Me-  
tallschicht sollte vorzugsweise im Bereich von 10 Å bis  
500 Å liegen. Wenn die Dicke der zweiten Dünnschicht-  
Metallschicht weniger als 10 Å beträgt, kann keine dauer-  
hafte Haftung erzielt werden, und wenn sie über 500 Å liegt,  
wird das Lichtreflexionsvermögen der die erste positive  
Elektrodenschicht ausbildenden Elemente Silber (Ag), Rho-  
dium (Rh), Ruthenium (Ru), Platin (Pt), Palladium (Pd) und  
einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legie-  
rung unzureichend.

Die Dicke der ersten positiven Elektrodenschicht liegt im  
Bereich von 0,01 µm bis 5 µm. Wenn die Dicke der ersten  
positiven Elektrodenschicht geringer als 0,01 µm ist, durch-  
dringt abgestrahltes Licht die Schicht, ohne reflektiert zu  
werden, und wenn die Dicke über 5 µm beträgt, ist zuviel  
Zeit zur Ausbildung erforderlich, was für die Massenpro-  
duktion unvorteilhaft ist.

Durch die Ausbildung der zweiten positiven Elektroden-  
schicht kann die positive Elektrode bereitgestellt werden,  
ohne den Widerstand der dicken positiven Elektrode zu er-  
höhen. Damit bei der Ausbildung eines Zuleitungswerkstof-  
fes, einer Goldkugel oder einer Drahtverbindung eine durch  
Erwärmung und Abkühlung verursachte widrige Wirkung  
vermieden wird, sollte die Dicke der positiven Elektrode  
vorzugsweise mehr als 0,1 µm betragen. Da Gold (Au) ein  
leicht auszubildender Werkstoff ist und eine überlegene  
Korrosionsbeständigkeit aufweist, und da es eine starke  
Haftung gegenüber einem Zuleitungswerkstoff, einer Gold-  
kugel oder einer Drahtverbindung aufweist, ist die Verwen-  
dung von Gold (Au) oder einer Gold (Au) enthaltenden Le-  
gierung zur Ausbildung der zweiten positiven Elektroden-  
schicht zu bevorzugen.

Die Dicke der zweiten positiven Elektrodenschicht sollte  
vorzugsweise im Bereich von 0,03 µm bis 5 µm liegen.  
Wenn die Dicke der zweiten positiven Elektrodenschicht  
weniger als 0,03 µm beträgt, kann keine hinreichende Wir-  
kung erzielt werden, und wenn sie über 5 µm liegt, ist zuviel  
Zeit zur Ausbildung der Elektroden erforderlich.

Wenn außerdem die Dicke der zweiten positiven Elektro-  
denschicht mehr als 5 µm beträgt, wird die Dicke der nega-  
tiven Elektrode unnötigerweise für die Ausbildung einer Zu-  
leitung oder einer Goldkugel dicker, was unerwünscht ist,  
wie es bei dem nachstehenden dritten Ausführungsbeispiel

beschrieben ist.

Durch die Ausbildung der dritten positiven Elektroden-schicht (im Falle der sechzehnten erfindungsgemäßen Ausgestaltung die vierte positive Elektroden-schicht) aus zumindest Titan (Ti), Chrom (Cr) oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung kann, wenn eine isolierende Schicht aus beispielsweise Siliziumoxid ( $\text{SiO}_2$ ), Siliziumnitrid ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) oder Polyamid zwischen die auf gegenüberliegenden Seiten des Substrats ausgebildeten positiven und negativen Elektroden ausgebildet wird, ein Abblättern der isolierenden Schicht von den positiven Elektroden verhindert werden. Demzufolge kann die dritte positive Elektroden-schicht ein Kurzschließen durch einen Zuleitungswerkstoff während der Ausbildung einer Zuleitung verhindern. Die Dicke der dritten positiven Elektroden-schicht sollte vorzugsweise im Bereich von 3 Å bis 1000 Å liegen. Wenn die Dicke der dritten positiven Elektroden-schicht weniger als 3 Å beträgt, kann keine dauerhafte Haftung an die isolierende Schicht erzielt werden, und wenn sie über 1000 Å beträgt, kann keine dauerhafte Haftung an die Kontaktwerkstoffe wie einem Zuleitungswerkstoff oder einer Goldkugel erzielt werden, was unerwünscht ist.

Da die positive Elektrode mit dem wie vorstehend beschriebenen Vielschichtaufbau ein hohes Reflexionsvermögen und eine große Beständigkeit gegen Feuchtigkeit aufweist, kann die Schutzschicht teilweise vereinfacht werden. Daher kann die positive Elektrode an eine externe Elektrode ohne die Verwendung einer Drahtverbindung angeschlossen werden.

Der Schwenkspitzentyp einer Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung gemäß der fünfzehnten Ausgestaltung der Erfindung unterscheidet sich von denen gemäß der dreizehnten und der vierzehnten Ausgestaltung der Erfindung hinsichtlich der Bestandteile der zweiten und dritten positiven Elektroden-schichten. Die Halbleitervorrichtung gemäß der fünfzehnten Ausgestaltung kann die gleiche Wirkung wie die gemäß der dreizehnten und vierzehnten Ausgestaltung gezeigte bereitstellen.

Nachstehend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beigelegte Zeichnung näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine Schnittansicht einer Licht-abstrahlenden Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung 100 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 2 eine Schnittansicht einer Licht-abstrahlenden Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung 200 gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 3 eine Tabelle zum Vergleich des Verhaltens der Lichtabstrahlenden Schwenkspitzenhalbleitervorrichtungen 100, 200 und 400 gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 4 eine Schnittansicht einer Licht-abstrahlenden Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung 300 gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 5A eine Tabelle zum Vergleich der Lichtstärken der vorstehend beschriebenen Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung 300 und der bekannten Lichtabstrahlenden Halbleitervorrichtung 400 gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 5B eine Tabelle zum Vergleich der alterungsbedingten Schwankungen der Lichtstärken der Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung 500 und der bekannten Lichtabstrahlenden Halbleitervorrichtung 400;

Fig. 6 eine Tabelle der Eigenschaften von für die erste positive Elektroden-schicht verwendeten Metallen gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 7 eine Schnittansicht einer bekannten Lichtabstrahlenden Halbleitervorrichtung 400;

Fig. 8 eine Schnittansicht einer erfindungsgemäßen Lichtabstrahlenden Halbleitervorrichtung 150;

Fig. 9 eine Draufsicht einer Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung 500 gemäß einem Ausführungsbeispiel der in Fig. 4 gezeigten Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung 300; und

Fig. 10 eine Schnittansicht einer Licht-abstrahlenden Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung 600 gemäß dem fünften Ausführungsbeispiel der Erfindung.

#### Erstes Ausführungsbeispiel

Fig. 1 zeigt eine Schnittansicht einer Licht-abstrahlenden Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung 100. Die Halbleitervorrichtung 100 weist ein Saphirsubstrat 101 auf, auf dem aufeinanderfolgend eine Pufferschicht 102 aus Nitridaluminium (AlN) mit einer Dicke von 200 Å und eine n<sup>+</sup>-dotierte Schicht 103 mit einer Dicke von 4,0 µm und einer hohen Ladungsträgerkonzentration ausgebildet sind.

Zudem ist auf der n<sup>+</sup>-dotierten Schicht 103 eine mit einer Mehrfachquantentopfstruktur (MQW) aus GaN und  $\text{Ga}_{0,8}\text{In}_{0,2}\text{N}$  aufgebaute Abstrahlungsschicht 104 ausgebildet. Eine Mg-dotierte p-Schicht 105 aus  $\text{Al}_{0,15}\text{Ga}_{0,85}\text{N}$  mit einer Dicke aus 600 Å ist auf der Abstrahlungsschicht 104 ausgebildet. Weiterhin ist eine Mg-dotierte p-Schicht 106 aus GaN mit einer Dicke von 1500 Å auf der p-Schicht 105 ausgebildet.

Eine erste Dünnschicht-Metallschicht 111 wird durch eine Metallabscheidung auf der p-Schicht 106 ausgebildet und eine negative Elektrode 140 wird auf der n<sup>+</sup>-dotierten Schicht 103 ausgebildet. Die erste Dünnschicht-Metallschicht 111 ist zumindest aus Kobalt (Co) und Nickel (Ni) mit einer Dicke von etwa 10 Å ausgebildet und ist benachbart zu der p-Schicht 106 angeordnet. Eine positive Elektrode (erste positive Elektroden-schicht) 120 ist zumindest aus Silber (Ag), Rhodium (Rh), Ruthenium (Ru), Platin (Pt), Palladium (Pd) oder einer zumindest eines dieser Elemente enthaltenden Legierung mit einer Dicke von etwa 3000 Å ausgebildet.

Die negative Elektrode 140 mit einem Vielschichtaufbau wird auf einem freigelegten Abschnitt der n<sup>+</sup>-dotierten Schicht 103 mit der hohen Ladungsträgerkonzentration ausgebildet. Der Vielschichtaufbau weist die nachstehenden fünf Schichten auf: eine etwa 175 Å dicke Vanadiumschicht 141 (V); eine etwa 1000 Å dicke Aluminiumschicht 142 (Al); eine etwa 500 Å dicke Vanadiumschicht 143 (V); eine etwa 5000 Å dicke Nickelschicht 144 (Ni); und eine etwa 8000 Å dicke Goldschicht 145 (Au). Eine Schutzschicht 130 aus  $\text{SiO}_2$  wird auf der oberen Oberfläche ausgebildet.

Wie vorstehend beschrieben, wird die Lichtstärke um etwa 10–50% im Vergleich zu der unter den Nr. 1 und 2 in Fig. 3 gezeigten bekannten Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung 400 verbessert, wenn die positive Elektrode 120 aus zumindest Silber (Ag), Rhodium (Rh), Ruthenium (Ru), Platin (Pt), Palladium (Pa) und einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung ausgebildet ist.

#### Zweites Ausführungsbeispiel

Fig. 2 zeigt eine Schnittansicht einer erfindungsgemäßen Licht-abstrahlenden Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung 200. Die Halbleitervorrichtung 200 unterscheidet sich von der bei dem ersten Ausführungsbeispiel beschriebenen lediglich durch die Ausbildung einer zweiten Dünnschicht-Metallschicht 112 auf der ersten Dünnschicht-Metallschicht 111. Die zweite Dünnschicht-Metallschicht 112 ist mit einer Dicke von etwa 150 Å aus Gold ausgebildet, wobei sie durch eine Metallabscheidung nach Ausbildung der ersten



Dünnschicht-Metallschicht 111 ausgebildet ist, und zwar auf die gleiche Weise, wie die erste Dünnschicht-Metallschicht 111 aus Kobalt (Co) oder Nickel (Ni) mit einer Dicke von 10 Å ausgebildet wurde.

Die Ausbildung dieser zweiten Dünnschicht-Metallschicht 112 zwischen der ersten Dünnschicht-Metallschicht 111 und der positiven Elektrode (erste positive Elektroden-schicht) 120 ermöglicht eine dauerhaftere Verbindung der positiven Elektrode 120 mit der Schicht 106.

Fig. 3 zeigt eine Tabelle zum Vergleich des Verhaltens der Licht-abstrahlenden Schwenkspitzenhalbleitervorrichtungen 100, 150, 200 bzw. 400. Die Tabelle der Fig. 3 zeigt außerdem das Verhalten einer in Fig. 8 gezeigten Lichtabstrahlenden Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung (Nr. 3 oder 3.1), die eine positive Elektrode 120 aus zumindest Silber (Ag) oder Rhodium (Rh) aufweist und unmittelbar mit der p-Schicht 106 ohne die erste Dünnschicht 111 des ersten Ausführungsbeispiels verbunden ist.

Wie in dieser Tabelle gezeigt ist, wird die Lichtstärke der erfindungsgemäßen Halbleitervorrichtung 100 oder 200, welche die positive Elektrode 120 aus Metallschichten mit zumindest Silber (Ag), Rhodium (Rh), Ruthenium (Ru), Platin (Pt), Palladium (Pd) oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung aufweisen, um etwa 10–50% im Vergleich zu der unter den Nr. 1 und 2 in Fig. 3 gezeigten bekannten Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung 400 verbessert.

Zudem wird hinsichtlich der unter den Nr. 1 und 2 gezeigten Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung 400 keine erste Dünnschicht-Metallschicht ausgebildet, da die positive Elektrode 120 selbst aus Kobalt (Co) oder Nickel (Ni) ausgebildet ist, was eine hinreichende Anhaftung zwischen der positiven Elektrode 120 und der Schicht 106 sicherstellt. Die unter den Nr. 1 und 2 in Fig. 3 gezeigte Licht-abstrahlende Halbleitervorrichtung 400, welche die positive Elektrode 120 aus Kobalt (Co) oder (Ni) enthält, weist einen niedrige relative Lichtstärke auf, da das Reflexionsvermögen der die positive Elektrode 120 bildenden Metallelemente gering ist. Demzufolge beruht die Überlegenheit oder Unterlegenheit der in Fig. 3 gezeigten relativen Lichtstärken nicht auf der Existenz der ersten Dünnschicht-Metallschicht 111.

Es kann im Gegenteil für den Fall, daß die erste oder die zweite Dünnschicht-Metallschicht 111 bzw. 112 nicht existiert, eine große Lichtstärke erzielt werden, wenn die positive Elektrode 120 zumindest Silber (Ag), Rhodium (Rh), Ruthenium (Ru), Platin (Pt), Palladium (Pd) oder eine zumindest eines dieser Metalle enthaltende Legierung aufweist, wie aus einem Vergleich der Nr. 3 mit den Nr. 4 und 8 aus Fig. 3 ersichtlich ist. Die Lichtstärke zeigt einen ausgezeichneten Wert, obwohl die Haftung zwischen der positiven Elektrode 120 und der Schicht 106 bis zu einem gewissen Grad geringer ist. Dies liegt an den fehlenden ersten und zweiten Dünnschicht-Metallschichten 111 bzw. 112, welche Licht absorbieren.

Wie in Fig. 8 gezeigt ist, kann insbesondere die Lichtabstrahlende Halbleitervorrichtung 150 etwa die gleiche Lichtstärke wie die unter Nr. 8 aufgeführte Lichtabstrahlende Halbleitervorrichtung aufweisen, wenn bei der Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung 150 die positive Schicht 120 aus Rhodium (Rh) etwa 3000 Å dick unmittelbar auf eine p-dotierte GaN-Schicht 106 ohne eine Ausbildung der ersten oder zweiten Dünnschicht-Metallschicht ausgebildet wird, wobei die Eigenschaften der Halbleitervorrichtung 150 unter Nr. 3.1 in Fig. 3 aufgeführt sind. Außerdem kann dabei weiterhin eine gleiche oder dauerhaftere Haftung an die GaN-Schicht erreicht werden. Diese Umstände werden bei der Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung 150

durch ein hohes Reflexionsvermögen von Rhodium (Rh) und eine feste Anhaftung von Rhodium (Rh) an die GaN-Schicht 106 verursacht. Demzufolge ist die unter Nr. 3.1 angeführte Licht-abstrahlende Halbleitervorrichtung 150 der unter Nr. 5 in Fig. 3 angeführten Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung 100 in diesen Punkten überlegen.

Kurz gesagt, die Herstellung einer Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung 150 gemäß Nr. 3.1 aus Fig. 3 bedeutet, in der Lage zu sein, eine Licht-abstrahlende Halbleitervorrichtung mit hinreichenden Eigenschaften hinsichtlich der Lichtstärke und Haftung bereit zustellen, da die Eigenschaften von Rhodium (Rh) eine Ausbildung ohne die erste oder zweite Dünnschicht-Metallschicht erlauben. Weil für die Licht-abstrahlende Halbleitervorrichtung 150 ein Ausbildungsvorgang für die erste oder zweite Dünnschicht-Metallschicht nicht erforderlich ist, kann daher eine hinreichende Massenproduktivität verwirklicht werden.

Bei diesem Ausführungsbeispiel weist die in den Fig. 1, 2 und 8 gezeigte positive Elektrode 120 eine Dicke von etwa 3000 Å auf. Optional kann die Dicke der Elektrode im Bereich von 100 Å bis 5 µm liegen. Wenn die Dicke der positiven Elektrode 120 weniger als 100 Å beträgt, wird das Reflexionsvermögen für Licht unzureichend. Beträgt die Dicke mehr als 5 µm, ist zuviel Zeit und Material für die Abscheidung erforderlich, weswegen diese Dicke für kostensensibles Herstellungsverhalten unbrauchbar ist.

Bei diesem Ausführungsbeispiel weist die erste Dünnschicht-Metallschicht 111 eine Dicke von etwa 10 Å auf. Optional kann die Dicke der ersten Dünnschicht-Metallschicht 111 im Bereich von 2 Å bis 200 Å liegen. Die Dicke der ersten Dünnschicht-Metallschicht 111 sollte bevorzugter im Bereich von 5 Å bis 50 Å liegen. Ist die Dicke der ersten Dünnschicht-Metallschicht 111 zu gering, wird die Bindungswirkung der positiven Elektrode 120 an die GaN-Schicht 106 geschwächt, ist sie zu groß, tritt eine Lichtabsorption in ihr auf und die Lichtstärke wird vermindert.

Bei diesem Ausführungsbeispiel weist die zweite Dünnschicht-Metallschicht 112 eine Dicke von etwa 150 Å auf. Optional kann die Dicke der zweiten Dünnschicht-Metallschicht 112 im Bereich von 10 Å bis 500 Å liegen. Die Dicke der zweiten Dünnschicht-Metallschicht 112 sollte bevorzugter im Bereich von 30 Å bis 300 Å liegen. Wenn die Dicke der zweiten Dünnschicht-Metallschicht 112 zu gering ist, wird die Bindung der positiven Elektrode 120 an die erste Dünnschicht-Metallschicht 111 geschwächt, und wenn sie zu groß ist, tritt eine Lichtabsorption in ihr auf und die Lichtstärke wird vermindert.

Bei diesem Ausführungsbeispiel weist die positive Elektrode 120 einen Einzelschichtaufbau auf. Optional kann die positive Elektrode 120 einen Vielschichtaufbau aufweisen. Die 1,4 µm dicke positive Elektrode kann durch aufeinanderfolgende Abscheidung von beispielsweise etwa 5000 Å Silber (Ag), etwa 800 Å Nickel (Ni) und 8000 Å Gold (Au) auf die GaN-Schicht 106, die erste Dünnschicht-Metallschicht 111 oder die zweite Dünnschicht-Metallschicht 112 ausgebildet werden. Durch eine positive Elektrode mit diesem Vielschichtaufbau kann eine Licht-abstrahlende Halbleitervorrichtung mit hinreichend hohem Reflexionsvermögen und hinreichend hoher Strahlungsleistung erzielt werden.

### Drittes Ausführungsbeispiel

Fig. 4 zeigt eine Schnittansicht einer Licht-abstrahlenden Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung 300. Die Halbleitervorrichtung weist ein Saphirsubstrat 101 auf, auf dem aufeinanderfolgend eine Pufferschicht 102 aus Nitridaluminium (AlN) mit einer Dicke von 200 Å und eine n-dotierte

Schicht 103 mit einer Dicke von 4,0 µm und einer hohen Ladungsträgerkonzentration ausgebildet sind.

Zudem ist eine Abstrahlungsschicht 104 mit einer Mehrfachquantentopfstruktur (MQW) aus GaN und  $\text{Ga}_{0,8}\text{In}_{0,2}\text{N}$  auf der n-dotierten Schicht 103 ausgebildet. Eine Mg-dotierte p-Schicht 105 aus  $\text{Al}_{0,15}\text{Ga}_{0,85}\text{N}$  mit einer Dicke von 600 Å ist auf der Abstrahlungsschicht 104 ausgebildet. Weiterhin ist eine Mg-dotierte p-Schicht 106 aus GaN mit einer Dicke von 1500 Å auf der p-Schicht 105 ausgebildet.

Eine positive Elektrode 120, die nachstehend auch als positive Mehrfachelektrode 120 bezeichnet werden kann, ist durch ein Metallabscheidungsverfahren auf der p-Schicht 106 ausgebildet, und eine negative Elektrode 140 ist auf der n-dotierten Schicht 103 ausgebildet. Die positive Mehrfachelektrode 120 ist in einem Dreischichtaufbau mit einer zu der p-Schicht 106 benachbarten ersten positiven Elektrodenschicht 121, einer auf der ersten positiven Elektrodenschicht 121 ausgebildeten zweiten positiven Elektrodenschicht 122 und einer auf der zweiten positiven Elektrodenschicht 122 ausgebildeten dritten positiven Elektrodenschicht 123 ausgebildet.

Die erste positive Elektrodenschicht 121 ist eine zu der p-Schicht 106 benachbarte Metallschicht, die aus Rhodium (Rh) mit einer Dicke von etwa 0,1 µm ausgebildet ist. Die zweite positive Elektrodenschicht 122 ist eine Metallschicht aus Gold (Au) mit einer Dicke von etwa 1,2 µm. Die dritte positive Elektrodenschicht 123 ist eine Metallschicht aus Titan (Ti) mit einer Dicke von etwa 20 Å.

Eine negative Elektrode 140 mit einem Vielschichtaufbau ist auf einem freigelegten Abschnitt der n-dotierten Schicht 103 mit der hohen Ladungsträgerkonzentration ausgebildet. Der Vielschichtaufbau weist die nachstehenden fünf Schichten auf: eine etwa 175 Å dicke Vanadiumschicht 141 (V); eine etwa 1000 Å dicke Aluminiumschicht 142 (Al); eine etwa 500 Å dicke Vanadiumschicht 143 (V); eine etwa 5000 Å dicke Nickelschicht 144 (Ni); und eine etwa 8000 Å dicke Goldschicht 145 (Au).

Eine Schutzschicht 130 aus einer  $\text{SiO}_2$ -Schicht ist zwischen der positiven Mehrfachelektrode 120 und der negativen Elektrode 140 ausgebildet. Die Schutzschicht 130 bedeckt einen Abschnitt der zur Ausbildung der negativen Elektrode 140 freigelegten n-dotierten Schicht 103, die Seiten der Abstrahlungsschicht 104, der p-Schicht 105 und der durch Atzen freigelegten p-Schicht 106, einen Abschnitt der oberen Oberfläche der p-Schicht 106, die Seiten der ersten positiven Elektrodenschicht 121, der zweiten positiven Elektrodenschicht 122 und der dritten positiven Elektrodenschicht 123, und einen Abschnitt einer oberen Oberfläche der dritten positiven Elektrodenschicht 123. Die Dicke der einen Abschnitt der oberen Oberfläche der dritten positiven Elektrodenschicht 123 bedeckenden Schutzschicht 130 beträgt 0,5 µm.

Fig. 5A zeigt eine Tabelle zum Vergleich der Lichtstärken der vorstehend beschriebenen Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung mit denen der bekannten Lichtabstrahlenden Halbleitervorrichtung 400. Wie in Fig. 5A gezeigt, kann die Strahlungsleistung erfindungsgemäß um etwa 30–40% im Vergleich zum Stand der Technik verbessert werden.

Da der Aufbau der Licht-abstrahlenden Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung 300 ihr eine hohe Lichtstärke und Zuverlässigkeit ermöglicht, kann die Schutzschicht 130 auf einer beträchtlichen Fläche weggelassen werden, und sowohl die positive als auch die negative Elektrode können eine ausgedehntere Fläche für einen Anschluß an eine externe Elektrode verwenden. Durch eine unmittelbare Ausbildung einer Zuleitung durch ein Lötmetall oder einer Goldkugel auf die positive und die negative Elektrode wird die Licht-abstrahlende Halbleitervorrichtung 300 invertiert und kann

unmittelbar an eine Schaltungsplatine angeschlossen werden.

Zudem kann die Licht-abstrahlende Halbleitervorrichtung 300 auch mit einer externen Elektrode durch eine Drahtverbindung verbunden werden.

Bei dem dritten Ausführungsbeispiel weist die positive Mehrfachelektrode 120 eine Dicke von etwa 1,3 µm auf. Optional kann die Dicke der positiven Mehrfachelektrode 120 im Bereich von 0,11 µm bis 10 µm liegen. Liegt die Dicke der positiven Mehrfachelektrode 120 unter 0,11 µm, wird das Reflexionsvermögen für Licht unzureichend, und es kann keine dauerhafte Haftung an Verbindungswerkstoffe wie einer Zuleitung, einer Goldkugel usw. erreicht werden. Liegt jedoch die Dicke der positiven Mehrfachelektrode 120 über 10 µm, ist zuviel Zeit und Material zur Abscheidung erforderlich, weswegen diese Dicke für kostensensibles Herstellungsverhalten unbrauchbar ist.

Bei dem dritten Ausführungsbeispiel weist die erste positive Elektrodenschicht 121 eine Dicke von etwa 0,1 µm auf. Optional kann die Dicke der ersten positiven Elektrodenschicht 121 im Bereich von 0,01 µm bis 5 µm liegen. Die Dicke der ersten positiven Elektrodenschicht 121 sollte bevorzugter im Bereich von 0,05 µm bis 1 µm liegen. Beträgt die Dicke der ersten positiven Elektrodenschicht 121 zu wenig, wird das Reflexionsvermögen für Licht unzureichend, beträgt sie jedoch zu viel, ist zuviel Zeit und Material zur Abscheidung erforderlich, weswegen diese Dicke für kostensensibles Herstellungsverhalten unbrauchbar ist.

Bei dem dritten Ausführungsbeispiel weist die zweite positive Elektrodenschicht 122 eine Dicke von etwa 1,2 µm auf. Optional kann die Dicke der zweiten positiven Elektrodenschicht 122 im Bereich von 0,03 µm bis 5 µm liegen. Die Dicke der zweiten positiven Elektrodenschicht 122 sollte vorzugsweise im Bereich von 0,1 µm bis 5 µm liegen, bevorzugter im Bereich von 0,2 µm bis 3 µm und noch bevorzugter von 0,5 µm bis 2 µm. Wenn die Dicke der zweiten positiven Elektrodenschicht 122 zu gering ist, kann keine dauerhafte Haftung an Verbindungswerkstoffe wie einer Zuleitung, einer Goldkugel usw. erreicht werden. Ist jedoch ihre Dicke zu groß, ist zuviel Zeit und Material zur Abscheidung erforderlich, weswegen diese Dicke sowohl für die zweite positive Elektrodenschicht 122 als auch die negative Elektrode 140 hinsichtlich eines kostensensiblen Herstellungsverhaltens unbrauchbar ist.

Bei dem dritten Ausführungsbeispiel weist die dritte positive Elektrodenschicht 123 eine Dicke von etwa 20 Å auf. Optional kann die Dicke der dritten positiven Elektrodenschicht 123 im Bereich von 3 Å bis 1000 Å liegen. Die Dicke der dritten positiven Elektrodenschicht 123 sollte vorzugsweise im Bereich von 5 Å bis 1000 Å liegen, bevorzugter im Bereich von 10 Å bis 500 Å und noch bevorzugter von 15 Å bis 100 Å. Wenn die Dicke der dritten positiven Elektrodenschicht 123 zu gering ist, wird die Haftung an die Schutzschicht 130 geschwächt, und wenn sie zu groß ist, wird der Widerstand zu hoch.

Bei dem dritten Ausführungsbeispiel ist die dritte positive Elektrodenschicht 123 aus Titan (Ti). Optional kann die dritte positive Elektrodenschicht 123 aus Titan (Ti) oder Chrom (Cr) oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung ausgebildet sein.

Fig. 6 zeigt eine Tabelle der Eigenschaften der bei der ersten positiven Elektrodenschicht 121 verwendeten Metalle. Die Bewertungspunkte ① bis ⑥ haben die nachstehende Bedeutung:

① REFLEXIONSVERMÖGEN: Grad des Reflexionsvermögens sichtbarer (violetter, blauer und grüner) Strahlen, deren Wellenlänge im Bereich von 380 nm bis 550 nm liegt, wenn eine gewisse Lichtmenge durch die Abstrah-

lungsschicht 104 abgestrahlt wird;

② **KONTAKTWIDERSTAND (ANSTEUERUNGSSPANNUNG):** Höhe der Ansteuerungsspannung der Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung im Zusammenhang mit dem Kontaktwiderstand der GaN-Schicht;

③ **HAFTFÄHIGKEIT DER GaN-SCHICHT:** Ein Maß für die Auftretungshäufigkeit eines durch eine vorbestimmte Belastungsprüfung ermittelten Fehlers;

④ **KORROSIONSBESTÄNDIGKEIT:** Eine Bewertung durch die Eigenschaften jedes Metalls;

⑤ **STABILITÄT DER EIGENSCHAFTEN NACH DER AUSBILDUNG VON Au:** Eine Bewertung des Anstiegs der Ansteuerspannung mit der Zeit, nachdem die zweite positive Elektroden-schicht 122 aus Gold (Au) bei der Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung 300 ausgebildet wurde, und der Abnahme des Reflexionsvermögens für die sichtbaren Strahlen;

⑥ **GESAMTBEWERTUNG (MASSENHERSTELLUNG):** Eine Gesamtbewertung auf der Grundlage der vorstehend beschriebenen Punkte ① bis ⑤ hinsichtlich einer Massenfertigung der erfindungsgemäßen Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung.

Insbesondere hinsichtlich der Schwenkspitzenbauart einer Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung sollten die Bewertungen in den Punkten ① und ② für eine Massenfertigung der licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung besser als "GUT" ausfallen. Demzufolge zeigt die in Fig. 6 gezeigte Auflistung die Brauchbarkeit der Vorrichtung an.

Obwohl Rhodium (Rh) hinsichtlich des Reflexionsvermögens ① geringfügig Silber (Ag) unterlegen ist, zeigt es in den Punkten ② bis ⑤ im Vergleich zu den anderen Metallen die gleichen oder überlegene Eigenschaften. Folglich ist Rhodium nachweislich eines der besten Metalle für die Ausbildung der positiven Elektrode bzw. der ersten positiven Elektroden-schicht.

Außerdem weist Ruthenium (Ru) ähnliche oder fast gleiche Eigenschaften wie Rhodium (Rh) auf. Folglich ist es zur Ausbildung der positiven Elektrode bzw. der ersten positiven Elektroden-schicht nachweislich auch eines der besten Metalle.

#### Viertes Ausführungsbeispiel

Fig. 9 zeigt eine Draufsicht einer licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung 500, einem Ausführungsbeispiel der in Fig. 4 gezeigten erfindungsgemäßen Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung 300. Da die Licht-abstrahlende Halbleitervorrichtung 500 nahezu den gleichen Aufbau wie den der Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung 300 aufweist, sind alle Schichten mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet und es werden für sie die gleichen Metalle wie für die in Fig. 4 gezeigten Schichten verwendet.

Dann wurden die alterungsbedingten Schwankungen der Lichtstärke der Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung 500 gemessen. Fig. 5B zeigt eine Tabelle zum Vergleich der alterungsbedingten Schwankungen der Lichtstärken der Lichtabstrahlenden Halbleitervorrichtung 500 und der bekannten Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung 400. Wie in Fig. 5B gezeigt ist, können erfindungsgemäß hinsichtlich der Lichtstärke nach 100 h 95% und nach 1000 h 90% des Anfangswertes aufrechterhalten werden, während bei der Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung 400 lediglich 90% des Anfangswertes nach 100 h und 85% nach 1000 h aufrechterhalten werden können. Demzufolge kann erfindungsgemäß die Zuverlässigkeit im Vergleich zu der bekannten Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung 400 verbessert werden.

Da der Aufbau der Licht-abstrahlenden Schwenkspitzen-

halbleitervorrichtung 500 ihr eine hohe Lichtstärke und Zuverlässigkeit ermöglicht, kann die Schutzschicht 130 auf einer beträchtlichen Fläche weggelassen werden und sowohl die positive als auch die negative Elektrode können eine 5 ausgedehntere Fläche für den Anschluß einer externen Elektrode verwenden. Wie in Fig. 9 gezeigt ist, können die negative Elektrode und die positive Elektrode über 10% bzw. über 40% der oberen Fläche der Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung 500 einnehmen. Deswegen kann die Verbindung zu einer externen Elektrode nicht auf eine Drahtverbindung beschränkt sein. Optional können die Elektroden mit einer externen Elektrode durch die unmittelbare Ausbildung einer Zuleitung mit Lötmetall oder einer Goldkugel auf die positive und die negative Elektrode verbunden werden, oder die Licht-abstrahlende Halbleitervorrichtung 10 500 wird invertiert und kann unmittelbar mit einer Schaltungsplatine verbunden werden.

Bei dem vierten Ausführungsbeispiel weist die positive Mehrfachelektrode 120 eine Dicke von etwa 1,5 µm auf. Optional kann die Dicke der positiven Mehrfachelektrode 120 im Bereich von 0,11 µm bis 10 µm liegen. Liegt die Dicke der positiven Mehrfachelektrode 120 unter 0,11 µm, wird das Reflexionsvermögen für Licht unzureichend, und es kann keine dauerhafte Haftung an Verbindungswerkstoffe wie einer Zuleitung, einer Goldkugel usw. erreicht werden. 25 Liegt jedoch die Dicke der positiven Mehrfachelektrode 120 über 10 µm, ist zuviel Zeit und Material zur Abscheidung erforderlich, weswegen diese Dicke für kostensensibles Herstellungsverhalten unbrauchbar ist.

Bei dem vierten Ausführungsbeispiel weist die erste positive Elektroden-schicht 121 eine Dicke von etwa 0,3 µm auf. Optional kann die Dicke der ersten positiven Elektroden-schicht 121 im Bereich von 0,01 µm bis 5 µm liegen. Die Dicke der ersten positiven Elektroden-schicht 121 sollte bevorzugter im Bereich von 0,05 µm bis 1 µm liegen. Beträgt die Dicke der ersten positiven Elektroden-schicht 121 zu wenig, wird das Reflexionsvermögen für Licht unzureichend, beträgt sie jedoch zu viel, ist zuviel Zeit und Material zur Abscheidung erforderlich, weswegen diese Dicke für kostensensibles Herstellungsverhalten unbrauchbar ist. 30 40

Bei dem vierten Ausführungsbeispiel weist die zweite positive Elektroden-schicht 122 eine Dicke von etwa 1,2 µm auf. Optional kann die Dicke der zweiten positiven Elektroden-schicht 122 im Bereich von 0,03 µm bis 5 µm liegen. Die Dicke der zweiten positiven Elektroden-schicht 122 sollte vorzugsweise im Bereich von 0,05 µm bis 3 µm bzw. von 0,1 µm bis 5 µm liegen, bevorzugter im Bereich von 0,2 µm bis 3 µm und noch bevorzugter von 0,5 µm bis 2 µm. Wenn die Dicke der zweiten positiven Elektroden-schicht 122 zu gering ist, kann keine dauerhafte Haftung an Verbindungswerkstoffe wie einer Zuleitung, einer Goldkugel usw. erreicht werden. Ist jedoch ihre Dicke zu groß, ist zuviel Zeit und Material zur Abscheidung erforderlich, weswegen diese Dicke sowohl für die zweite positive Elektroden-schicht 122 als auch die negative Elektrode 140 hinsichtlich eines kostensensiblen Herstellungsverhaltens unbrauchbar ist. 50 55

Bei dem vierten Ausführungsbeispiel weist die dritte positive Elektroden-schicht 123 eine Dicke von etwa 20 Å auf. Optional kann die Dicke der dritten positiven Elektroden-schicht 123 im Bereich von 3 Å bis 1000 Å liegen. Die Dicke der dritten positiven Elektroden-schicht 123 sollte vorzugsweise im Bereich von 5 Å bis 1000 Å liegen, bevorzugter im Bereich von 10 Å bis 500 Å und noch bevorzugter von 15 Å bis 100 Å. Wenn die Dicke der dritten positiven Elektroden-schicht 123 zu gering ist, wird die Haftung an die Schutzschicht 130 geschwächt, und wenn sie zu groß ist, wird der Widerstand zu hoch. 60 65

Bei dem vierten Ausführungsbeispiel ist die dritte posi-

tive Elektroden-schicht 123 aus Titan (Ti). Optional kann die dritte positive Elektroden-schicht 123 aus Chrom (Cr) sein.

#### Fünftes Ausführungsbeispiel

Fig. 10 zeigt eine Schnittansicht einer Licht-abstrahlenden Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung 600. Die Halbleitervorrichtung 600 weist ein Saphirsubstrat 101 auf, auf dem aufeinanderfolgend eine Pufferschicht 102 aus Nitridaluminium (AlN) mit einer Dicke von 200 Å und einer n<sup>+</sup>-dotierten Schicht 103 mit einer Dicke von 4,0 µm und einer hohen Ladungsträgerkonzentration ausgebildet sind.

Zudem ist auf der n<sup>+</sup>-dotierten Schicht 103 eine mit einer Mehrfachquantentopfstruktur (MQW) aus GaN und Ga<sub>0,8</sub>In<sub>0,2</sub>N aufgebaute Abstrahlungsschicht 104 ausgebildet. Eine Mg-dotierte p-Schicht 105 aus Al<sub>0,15</sub>Ga<sub>0,85</sub>N mit einer Dicke von 600 Å ist auf der Abstrahlungsschicht 104 ausgebildet. Weiterhin ist eine Mg-dotierte p-Schicht 106 aus GaN mit einer Dicke von 1500 Å auf der p-Schicht 105 ausgebildet.

Eine positive Elektrode 120, die nachstehend auch als positive Mehrfachelektrode 120 bezeichnet werden kann, ist durch ein Metallabscheidungsverfahren auf der p-Schicht 106 ausgebildet, und eine negative Elektrode 140 ist auf der n<sup>+</sup>-dotierten Schicht 103 ausgebildet. Die positive Mehrfachelektrode 120 ist in einem Dreischichtaufbau mit einer zu der p-Schicht 106 benachbarten ersten positiven Elektroden-schicht 121, einer auf der ersten positiven Elektroden-schicht 121 ausgebildeten zweiten positiven Elektroden-schicht 122 und einer auf der zweiten positiven Elektroden-schicht 122 ausgebildeten dritten positiven Elektroden-schicht 123 ausgebildet.

Die erste positive Elektroden-schicht 121 ist eine zu der p-Schicht 106 benachbarte Metallschicht, die aus Rhodium (Rh) mit einer Dicke von etwa 3000 Å ausgebildet ist. Die zweite positive Elektroden-schicht 122 ist eine Metallschicht aus Titan (Ti) mit einer Dicke von etwa 100 Å. Die dritte positive Elektroden-schicht 123 ist eine Metallschicht aus Gold (Au) mit einer Dicke von etwa 500 Å.

Eine negative Elektrode 140 mit einem Vielschichtaufbau ist auf einem freigelegten Abschnitt der n<sup>+</sup>-dotierten Schicht 103 mit der hohen Ladungsträgerkonzentration ausgebildet. Der Vielschichtaufbau weist die nachstehenden fünf Schichten auf: eine etwa 175 Å dicke Vanadiumschicht 141 (V); eine etwa 1000 Å dicke Aluminiumschicht 142 (Al); eine etwa 500 Å dicke Vanadiumschicht 143 (V); eine etwa 5000 Å dicke Nickelschicht 144 (Ni); und eine etwa 8000 Å dicke Goldschicht 145 (Au).

Eine Schutzschicht 130 aus einer SiO<sub>2</sub>-Schicht ist zwischen der positiven Mehrfachelektrode 120 und der negativen Elektrode 140 ausgebildet. Die Schutzschicht 130 bedeckt einen Abschnitt der zur Ausbildung der negativen Elektrode 140 freigelegten n<sup>+</sup>-dotierten Schicht 103, die Seiten der Abstrahlungsschicht 104, der p-Schicht 105 und der durch Ätzen freigelegten p-Schicht 106, einen Abschnitt der oberen Oberfläche der p-Schicht 106, die Seiten der ersten positiven Elektroden-schicht 121, der zweiten positiven Elektroden-schicht 122 und der dritten positiven Elektroden-schicht 123, und einen Abschnitt einer oberen Oberfläche der dritten positiven Elektroden-schicht 123. Die Dicke der einen Abschnitt der oberen Oberfläche der dritten positiven Elektroden-schicht 123 bedeckenden Schutzschicht 130 beträgt 0,5 µm.

Erfindungsgemäß kann die Strahlungsleistung im Vergleich zum Stand der Technik um etwa 30-40% verbessert werden.

Da der Aufbau der Licht-abstrahlenden Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung 600 ihr eine hohe Lichtstärke und Zu-

verlässigkeit ermöglicht, kann die Schutzschicht 130 auf einer beträchtlichen Fläche weggelassen werden, und sowohl die positive als auch die negative Elektrode können eine ausgedehntere Fläche für einen Anschluß an eine externe Elektrode verwenden. Durch eine unmittelbare Ausbildung einer Zuleitung durch ein Lötmetall oder einer Goldkugel auf die positive und die negative Elektrode wird die Licht-abstrahlende Halbleitervorrichtung 600 invertiert und kann unmittelbar an eine Schaltungsplatine angeschlossen werden.

Zudem kann die Licht-abstrahlende Halbleitervorrichtung 600 außerdem mit einer externen Elektrode durch eine Drahtverbindung verbunden werden.

Bei dem fünften Ausführungsbeispiel weist die positive Mehrfachelektrode 120 eine Dicke von etwa 0,36 µm auf. Optional kann die Dicke der positiven Mehrfachelektrode 120 im Bereich von 0,11 µm bis 10 µm liegen. Liegt die Dicke der positiven Mehrfachelektrode 120 unter 0,11 µm, wird das Reflexionsvermögen für Licht unzureichend, und es kann keine dauerhafte Haftung an Verbindungswerkstoffe wie einer Zuleitung, einer Goldkugel usw. erreicht werden. Liegt jedoch die Dicke der positiven Mehrfachelektrode 120 über 10 µm, ist zuviel Zeit und Material zur Abscheidung erforderlich, weswegen diese Dicke für kostensensibles Herstellungsverhalten unbrauchbar ist.

Bei dem fünften Ausführungsbeispiel weist die erste positive Elektroden-schicht 121 eine Dicke von etwa 3000 Å auf. Optional kann die Dicke der ersten positiven Elektroden-schicht 121 im Bereich von 0,01 µm bis 5 µm liegen. Die Dicke der ersten positiven Elektroden-schicht 121 sollte bevorzugter im Bereich von 0,05 µm bis 1 µm liegen. Beträgt die Dicke der ersten positiven Elektroden-schicht 121 zu wenig, wird das Reflexionsvermögen für Licht unzureichend, beträgt sie jedoch zu viel, ist zuviel Zeit und Material zur Abscheidung erforderlich, weswegen diese Dicke für kostensensibles Herstellungsverhalten unbrauchbar ist.

Bei dem fünften Ausführungsbeispiel weist die zweite positive Elektroden-schicht 122 eine Dicke von etwa 100 Å auf. Optional kann die Dicke der zweiten positiven Elektroden-schicht 122 im Bereich von 3 Å bis 1000 Å liegen. Die Dicke der zweiten positiven Elektroden-schicht 122 sollte vorzugsweise im Bereich von 5 Å bis 1000 Å liegen, bevorzugter im Bereich von 5 Å bis 500 Å und noch bevorzugter von 15 Å bis 100 Å. Wenn die Dicke der zweiten positiven Elektroden-schicht 122 zu gering ist, kann keine dauerhafte Haftung an Verbindungswerkstoffe wie einer Zuleitung, einer Goldkugel usw. erreicht werden. Ist jedoch ihre Dicke zu groß, ist zuviel Zeit und Material zur Abscheidung erforderlich, weswegen diese Dicke sowohl für die zweite positive Elektroden-schicht 122 als auch die negative Elektrode 140 hinsichtlich eines kostensensiblen Herstellungsverhaltens unbrauchbar ist.

Bei dem fünften Ausführungsbeispiel weist die dritte positive Elektroden-schicht 123 eine Dicke von etwa 500 Å auf. Optional kann die Dicke der dritten positiven Elektroden-schicht 123 im Bereich von 0,03 µm bis 5 µm liegen. Die Dicke der dritten positiven Elektroden-schicht 123 sollte vorzugsweise im Bereich von 0,05 µm bis 3 µm bzw. 0,1 µm bis 5 µm liegen, bevorzugter im Bereich von 0,2 µm bis 3 µm und noch bevorzugter von 0,5 µm bis 2 µm. Wenn die Dicke der dritten positiven Elektroden-schicht 123 zu gering ist, wird die Haftung an die Schutzschicht 130 geschwächt, und wenn sie zu groß ist, wird der Widerstand zu hoch.

Bei dem fünften Ausführungsbeispiel ist die dritte positive Elektroden-schicht 123 aus Gold (Au). Optional kann eine vierte positive Elektrode 124 aus Titan (Ti), Chrom (Cr) oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung auf die dritte positive Elektroden-schicht 123 mit der

Breite der dritten positiven Elektrodenschicht gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel ausgebildet werden.

Im Hinblick auf den Aufbau der Schichten für die Elektroden bei dem ersten bis fünften Ausführungsbeispiel ist die physikalische und chemische Zusammensetzung jeder Schicht in der Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung zum Zeitpunkt ihrer Abscheidung angeführt. Es ist nicht nötig, darauf hinzuweisen, daß feste Lösungen oder chemische Verbindungen zwischen allen Schichten durch physikalische oder chemische Behandlungen wie einer Wärmebehandlung ausgebildet werden, damit eine dauerhaftere Haftung erzielt oder ein Kontaktwiderstand verringert wird.

Bei dem ersten bis fünften Ausführungsbeispiel weist die Abstrahlungsschicht 104 eine MQW-Struktur (Mehrfachquantentopf) auf. Optional kann die Abstrahlungsschicht 104 eine SQW-Struktur (Einzelquantentopf) oder eine homozygote bzw. homogene Struktur aufweisen. Außerdem kann erfindungsgemäß eine Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungshalbleiterschicht (inklusive einer Pufferschicht) der Licht-abstrahlenden Halbleitervorrichtung aus einer quaternären, ternären oder binären Schichtverbindung  $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$  ( $0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$ ) ausgebildet sein.

Optional können Metallnitride wie Titanitrid (TiN) und Hafniumnitrid (HfN) oder Metalloxide wie Zinkoxid (ZnO), Magnesiumoxid (MgO) und Manganoxid (MnO) zur Ausbildung der Pufferschicht verwendet werden.

Bei den Ausführungsbeispielen wird Magnesium (Mg) als p-Dotierung verwendet. Optional können Gruppe-II-Elemente wie Beryllium (Be) oder Zink (Zn) verwendet werden. Zudem können zur Herabsetzung des Widerstandes der p-dotierten Halbleiterschicht aktive Behandlungen wie die Bestrahlung mit Elektronenstrahlen oder ein Ausheilverfahren ausgeführt werden.

Bei diesen Ausführungsbeispielen ist die n<sup>+</sup>-dotierte Schicht 103 einer hohen Ladungsträgerdichte aus Si-dotiertem Galliumnitrid (GaN). Optional können diese n-dotierten Halbleiterschichten durch Dotierung des vorstehend beschriebenen Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungshalbleiters mit Gruppe-IV-Elementen wie Silizium (Si) oder Germanium (Ge), oder mit Gruppe-VI-Elementen ausgebildet werden.

Bei den Ausführungsbeispielen wird für das Substrat Saphir verwendet. Optional kann Siliziumkarbid (SiC), Zinkoxid (ZnO), Magnesiumoxid (MgO) oder Manganoxid (MnO) zur Ausbildung des Substrats verwendet werden.

Wie vorstehend beschrieben wurde, weist erfindungsgemäß eine Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung 100, 200, 300, 150, 500, 600 mit Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungen eine dicke positive Elektrode 120 auf. Die positive Elektrode 120 aus zumindest Silber (Ag), Rhodium (Rh), Ruthenium (Ru), Platin (Pt), Palladium (Pd) oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung ist zu einer p-dotierten Halbleiterschicht 106 benachbart angeordnet und reflektiert Licht zu einem Saphirsubstrat 101 hin. Demzufolge kann eine positive Elektrode 120 mit einem hohen Reflexionsvermögen und einem geringen Kontaktwiderstand erzielt werden. Eine zwischen der p-dotierten Halbleiterschicht 106 und der dicken Elektrode 120 ausgebildete erste Dünnschicht-Metallschicht 111 aus Kobalt (Co) und Nickel (Ni) oder einer beliebigen zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Verbindung kann die Haftung zwischen einer Kontaktschicht und der dicken positiven Elektrode 120 verbessern. Die Dicke der ersten Dünnschicht-Metallelektrode 111 sollte vorzugsweise im Bereich von 2 Å bis 200 Å liegen, bevorzugter im Bereich von 5 Å bis 50 Å. Eine zweite Dünnschicht-Metallschicht 112 aus Gold (Au) kann die Haftung weiter verbes-

sem.

Während die Erfindung vorstehend in Verbindung mit den derzeit als am praktischsten und bevorzugtesten angesehenen Ausführungsbeispielen beschrieben ist, soll die Erfindung nicht als auf die offenbarten Ausführungsbeispiele beschränkt angesehen werden, sondern es ist im Gegenteil beabsichtigt, innerhalb des Bereiches der nachstehenden Patentansprüche enthaltene mannigfaltige Abwandlungen und gleichwertige Anordnungen abzudecken.

#### Patentansprüche

1. Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung (100; 200; 300; 150; 500; 600) mit einem Substrat (101); Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungshalbleiterschichten (102, 103, 104, 105, 106), die auf dem Substrat (101) ausgebildet sind; und eine positive Elektrode (120), die zumindest eine Schicht aus einer ersten positiven Elektrodenschicht (120; 121) enthält, die auf oder über einer p-dotierten Halbleiterschicht (106) ausgebildet ist und Licht zu dem Substrat (101) hin reflektiert, wobei die erste positive Elektrodenschicht (120; 121) zumindest aus Silber (Ag), Rhodium (Rh), Ruthenium (Ru), Platin (Pt), Palladium (Pd) oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung ausgebildet ist.
2. Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung mit Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungen nach Anspruch 1, wobei die positive Elektrode (120) einen Mehrschichtaufbau aus vielen Metallarten aufweist.
3. Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung mit Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungen nach Anspruch 1, zudem mit einer ersten Dünnschicht-Metallschicht (111), die aus zumindest Kobalt (Co), Nickel (Ni) oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung zwischen der p-dotierten Halbleiterschicht (106) und der ersten positiven Elektrodenschicht (120) ausgebildet ist.
4. Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung mit Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungen nach Anspruch 2, zudem mit einer ersten Dünnschicht-Metallschicht (111), die aus zumindest Kobalt (Co), Nickel (Ni) oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung zwischen der p-dotierten Halbleiterschicht (106) und der ersten positiven Elektrodenschicht (120) ausgebildet ist.
5. Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung mit Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungen nach den Ansprüchen 3 und 4, wobei die Dicke der ersten Metall-Dünnschicht (111) im Bereich von 2 Å bis 200 Å liegt.
6. Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung mit Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungen nach den Ansprüchen 3 und 4, zudem mit einer zweiten Dünnschicht-Metallschicht (112), die zumindest aus Gold (Au) oder einer Gold (Au) enthaltenden Legierung zwischen der ersten Dünnschicht-Metallschicht (111) und der ersten positiven Elektrodenschicht (120) ausgebildet ist.
7. Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung mit Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungen nach Anspruch 6, wobei die Dicke der zweiten Dünnschicht-Metallschicht (112) im Bereich von 10 Å bis 500 Å liegt.
8. Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung mit Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungen

nach Anspruch 1, wobei die Dicke der ersten positiven Elektroden-schicht (121) im Bereich von 0,01 µm bis 5 µm liegt.

9. Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung mit Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungen nach Anspruch 1, wobei die positive Elektrode (120) zudem eine zweite positive Elektroden-schicht (122) aufweist, die zumindest aus Gold (Au) oder einer Gold (Au) enthaltenden Legierung auf der ersten positiven Elektroden-schicht (121) ausgebildet ist.

10. Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung mit Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungen nach Anspruch 9, wobei die Dicke der zweiten positiven Elektroden-schicht (122) im Bereich von 0,03 µm bis 5 µm liegt.

11. Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung mit Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungen nach den Ansprüchen 1 und 9, wobei die positive Elektrode (120) zudem eine dritte positive Elektroden-schicht (123) aufweist, die zumindest aus Titan (Ti), Chrom (Cr) oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung auf der zweiten positiven Elektroden-schicht ausgebildet ist.

12. Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung mit Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungen nach Anspruch 11, wobei die Dicke der dritten positiven Elektroden-schicht (123) im Bereich von 3 Å bis 1000 Å liegt.

13. Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung mit einem Substrat;

Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungshalbleiterschichten, die auf dem Substrat ausgebildet sind; und einer positiven Elektrode, die auf oder über einer p-dotierten Halbleiterschicht ausgebildet ist und Licht zu dem Substrat hin reflektiert, wobei die positive Elektrode einen Dreischichtaufbau aufweist, mit einer ersten positiven Elektroden-schicht, die zumindest aus Rhodium (Rh), Ruthenium (Ru) oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung ausgebildet ist;

einer zweiten positiven Elektroden-schicht, die zumindest aus Gold (Au) oder einer Gold (Au) enthaltenden Legierung unmittelbar auf der ersten positiven Elektroden-schicht ausgebildet ist; und einer dritten positiven Elektroden-schicht, die zumindest aus Titan (Ti), Chrom (Cr) oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung unmittelbar auf der zweiten positiven Elektroden-schicht ausgebildet ist.

14. Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung mit Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungen nach Anspruch 13, wobei die Dicken der ersten, zweiten und dritten positiven Elektroden-schichten im Bereich von 0,02 µm bis 2 µm bzw. 0,05 µm bis 3 µm bzw. 5 Å bis 500 Å liegen.

15. Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung mit Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungen nach Anspruch 13, zudem mit einer ersten Dünnschicht-Metallschicht, die aus zumindest Kobalt (Co), Nickel (Ni) oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung zwischen der p-dotierten Halbleiterschicht und der ersten positiven Elektroden-schicht ausgebildet ist.

16. Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung mit Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungen nach Anspruch 13, zudem mit einer zweiten Dünnschicht-Metallschicht, die zumindest aus Gold (Au)

oder einer Gold (Au) enthaltenden Legierung zwischen der ersten Dünnschicht-Metallschicht und der ersten positiven Elektroden-schicht ausgebildet ist.

17. Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung mit Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungen nach Anspruch 13, wobei eine isolierende Schutz-schicht (130) aus Siliziumoxid (SiO<sub>2</sub>), Siliziumnitrid (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>), einer Titanverbindung (Ti<sub>x</sub>N<sub>y</sub>, usw.) oder Polyamid unmittelbar auf der dritten positiven Elektroden-schicht (123) ausgebildet ist.

18. Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung mit einem Substrat;

Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungshalbleiterschichten, die auf dem Substrat ausgebildet sind; und einer positiven Elektrode, die auf oder über einer p-dotierten Halbleiterschicht ausgebildet ist und Licht zu dem Substrat hin reflektiert, wobei die positive Elektrode einen Dreischichtaufbau aufweist, mit einer ersten positiven Elektroden-schicht, die zumindest aus Rhodium (Rh), Ruthenium (Ru) oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung ausgebildet ist;

einer zweiten positiven Elektroden-schicht, die zumindest aus Titan (Ti), Chrom (Cr) oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung unmittelbar auf der ersten positiven Elektroden-schicht ausgebildet ist; und

einer dritten positiven Elektroden-schicht, die zumindest aus Gold (Au) oder einer Gold (Au) enthaltenden Legierung unmittelbar auf der zweiten positiven Elektroden-schicht ausgebildet ist.

19. Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung mit Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungen nach Anspruch 18, wobei die Dicken der ersten, zweiten und dritten positiven Elektroden-schichten im Bereich von 0,02 µm bis 2 µm bzw. 5 Å bis 500 Å bzw. 0,05 µm bis 3 µm liegen.

20. Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung mit Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungen nach Anspruch 18, zudem mit einer vierten positiven Elektroden-schicht aus zumindest Titan (Ti), Chrom (Cr) oder einer zumindest eines dieser Metalle enthaltenden Legierung, die unmittelbar auf der dritten positiven Elektroden-schicht ausgebildet ist.

21. Licht-abstrahlende Schwenkspitzenhalbleitervorrichtung mit Gruppe-III-Element-Nitrid-Verbindungen nach den Ansprüchen 18 und 20, wobei eine isolierende Schutzschicht aus Siliziumoxid (SiO<sub>2</sub>), Siliziumnitrid (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>), einer Titanverbindung (Ti<sub>x</sub>N<sub>y</sub>, usw.) oder Polyamid unmittelbar auf der dritten positiven Elektroden-schicht bzw. auf der vierten positiven Elektroden-schicht ausgebildet ist.

---

Hierzu 10 Seite(n) Zeichnungen

---

FIG. 1

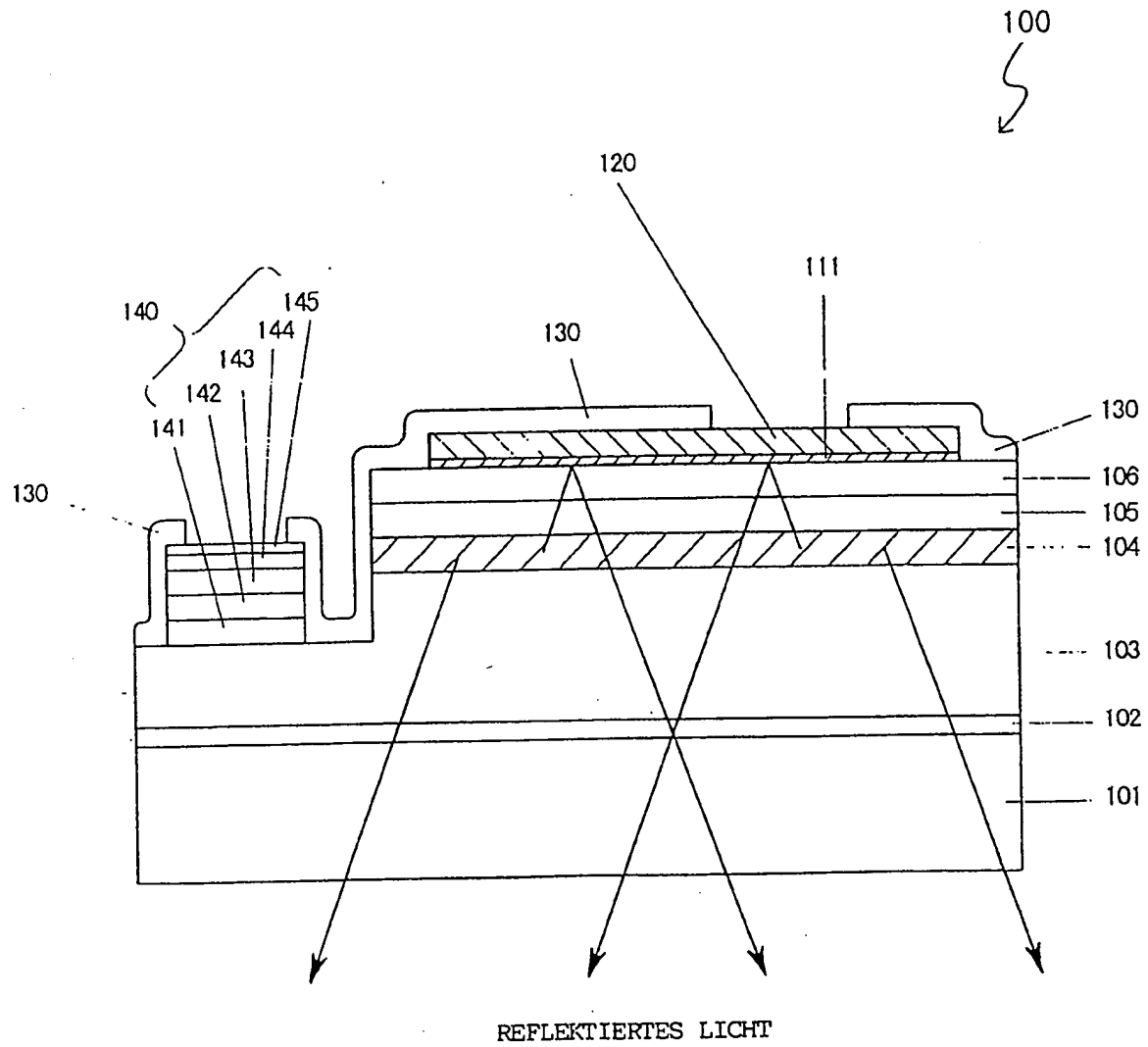


FIG. 2

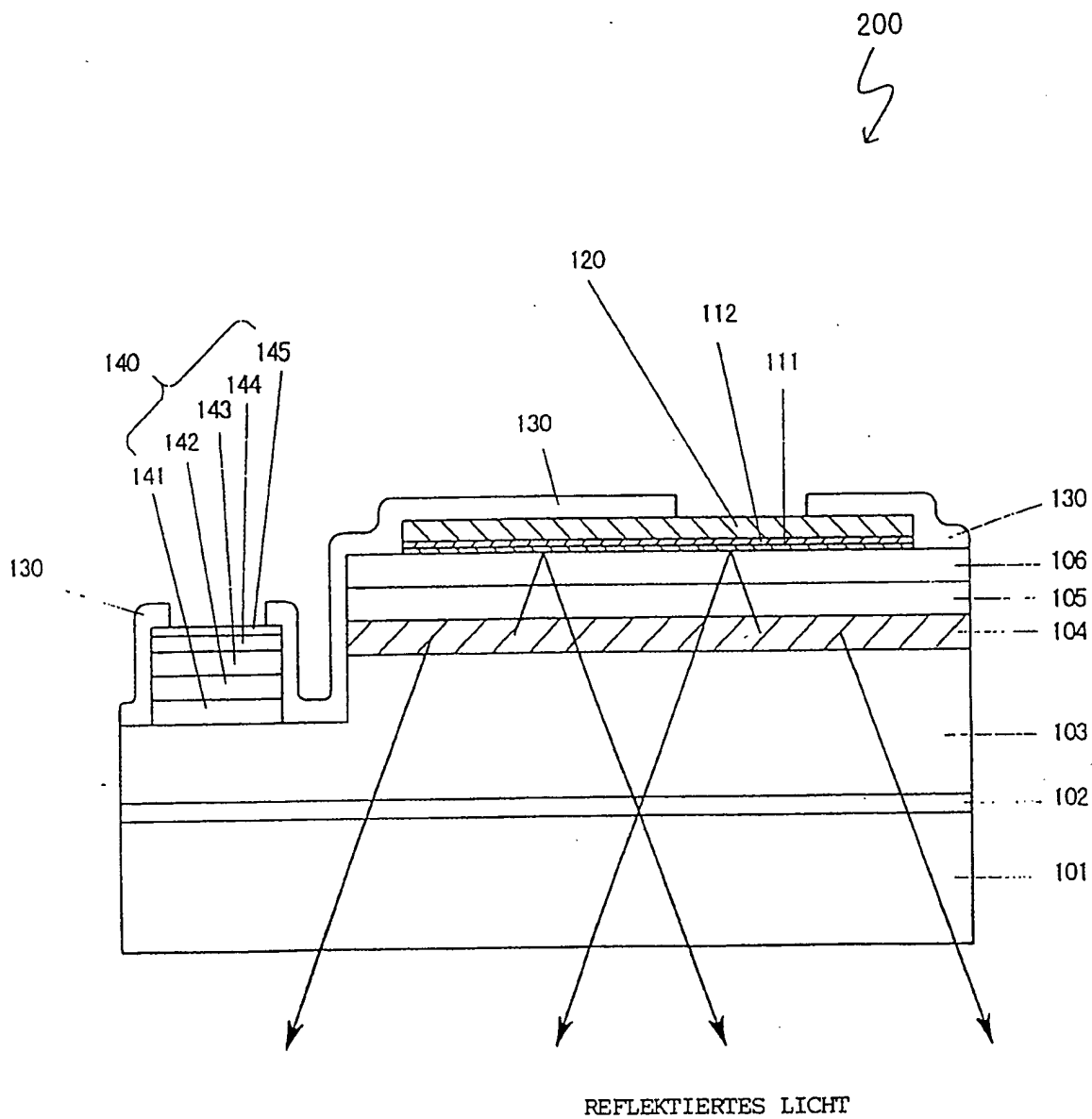




FIG. 3

NR.	TECHNOLOGIE EINTEILUNG	AUFBAU	POSITIVE ELEKTRODE	ERSTE DÜNNSCHICHT- METALL - SCHICHT	ZWEITE DÜNNSCHICHT- METALL - SCHICHT	RELATIVE LICHTSTÄRKE	HAFTFÄHIG - KEIT
1	STAND DER TECHNIK	LICHTAB - STRAHLENDE VORRICHTUNG 400	Co ( 3000 Å )	-	-	100	⊙
2			Ni ( 3000 Å )	-	-	100	⊙
3	E R F I N D U N G	LICHTAB - STRAHLENDE VORRICHTUNG 150	Ag ( 3000 Å )	-	-	160	○
3.1			Rh ( 3000 Å )	-	-	140	⊙
4		LICHTAB - STRAHLENDE VORRICHTUNG 100	Ag ( 3000 Å )	Co ( 10 Å )	-	150	○
5			Rh ( 3000 Å )	Co ( 10 Å )	-	130	○
6			Pt ( 3000 Å )	Co ( 10 Å )	-	110	○
7		LICHTAB - STRAHLENDE VORRICHTUNG 200	Pd ( 3000 Å )	Co ( 10 Å )	-	110	○
8			Ag ( 3000 Å )	Co ( 10 Å )	Au ( 150 Å )	150	⊙

⊙ : AUSGEZEICHNET    ○ : GUT    ○ : GERINGER ALS GUT, ABER BRAUCHBAR

FIG. 4

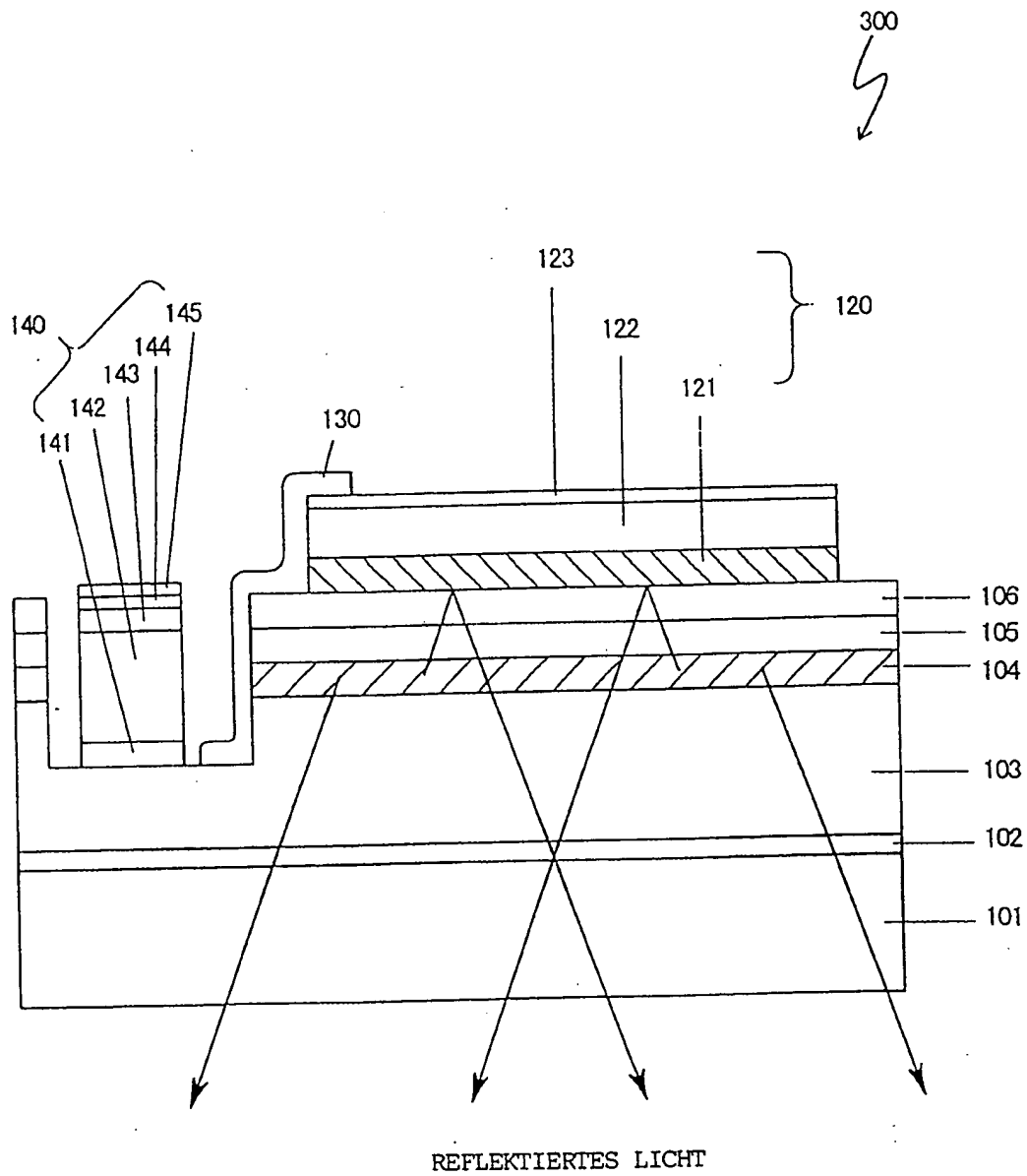


FIG. 5A

STAND DER TECHNIK		100
ERFINDUNG	Pt	160
	Rh	190

FIG. 5B

	ANFANGS- LICHT - STÄRKE	100 h SPÄTER	1000 h SPÄTER
STAND DER TECHNIK	100	80	70
ERFINDUNG	100	95	90

FIG. 6

METALL	BEWERTUNGSPUNKTE					
	①	②	③	④	⑤	⑥
Rh	⊙	○ <sup>+</sup>	○ <sup>+</sup>	○ <sup>+</sup>	○	⊙
Pt	○	○	○	○	△	○
Ru	○	○	○	○	△	○
Ag	⊙	○	△	△	△	○ <sup>-</sup>
Pd	○	○	△	○	△	○ <sup>-</sup>
Al	⊙	△	△	△	×	△
Ni	△	○	○	○	○	△
Co	△	○	○	○	○	△
Mg	○	△	○	×	△	△ <sup>-</sup>
Sn	○	×	×	△		×

⊙ : AUSGE - ZEICHNET  
 ○ : GUT  
 △ : MITTEL- MÄSSIG  
 × : SCHLECHT  
 ○<sup>+</sup> : BESSER ALS  
 ○<sup>-</sup> : SCHLECHTER ALS

FIG. 7

STAND DER TECHNIK

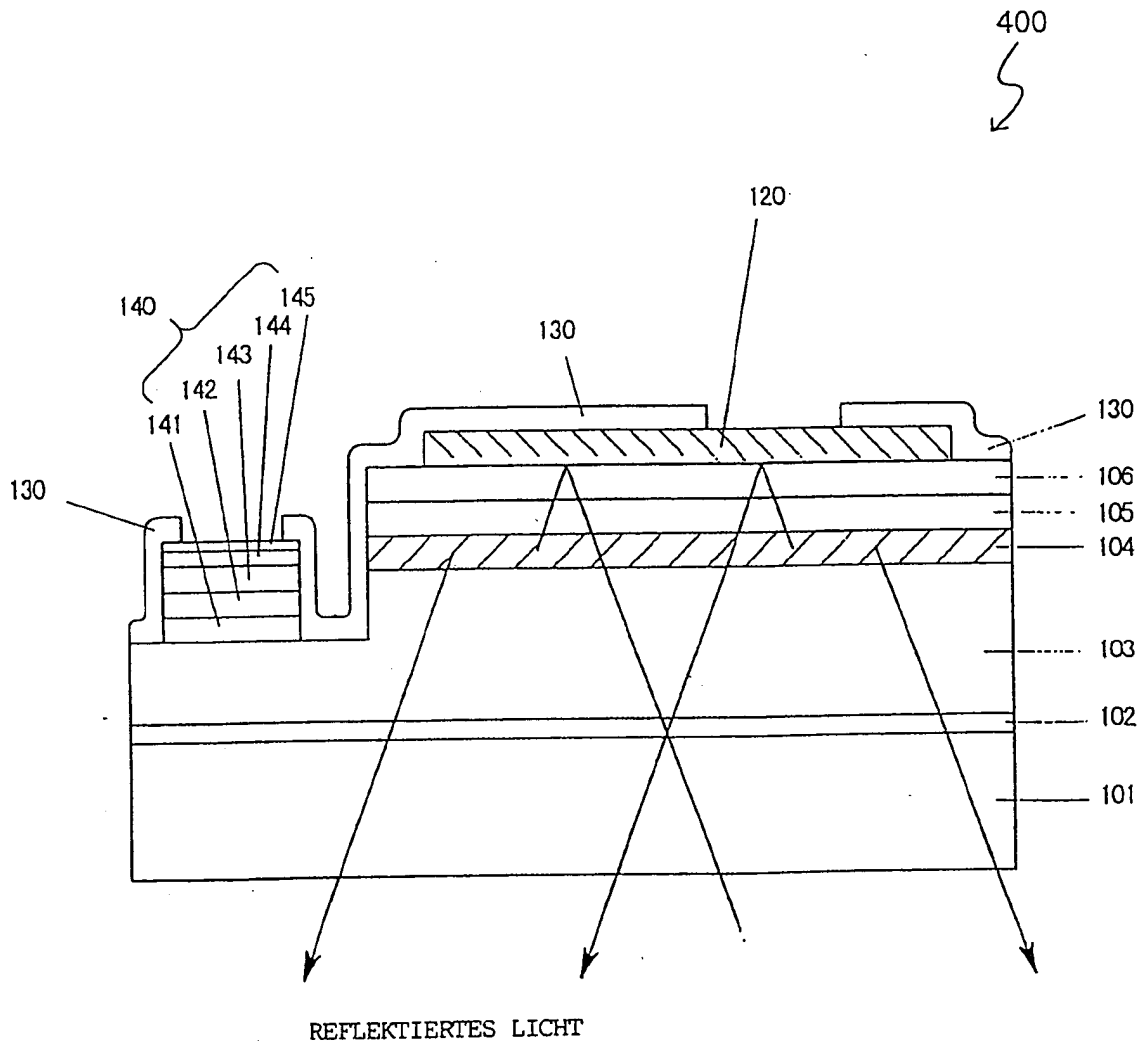


FIG. 8

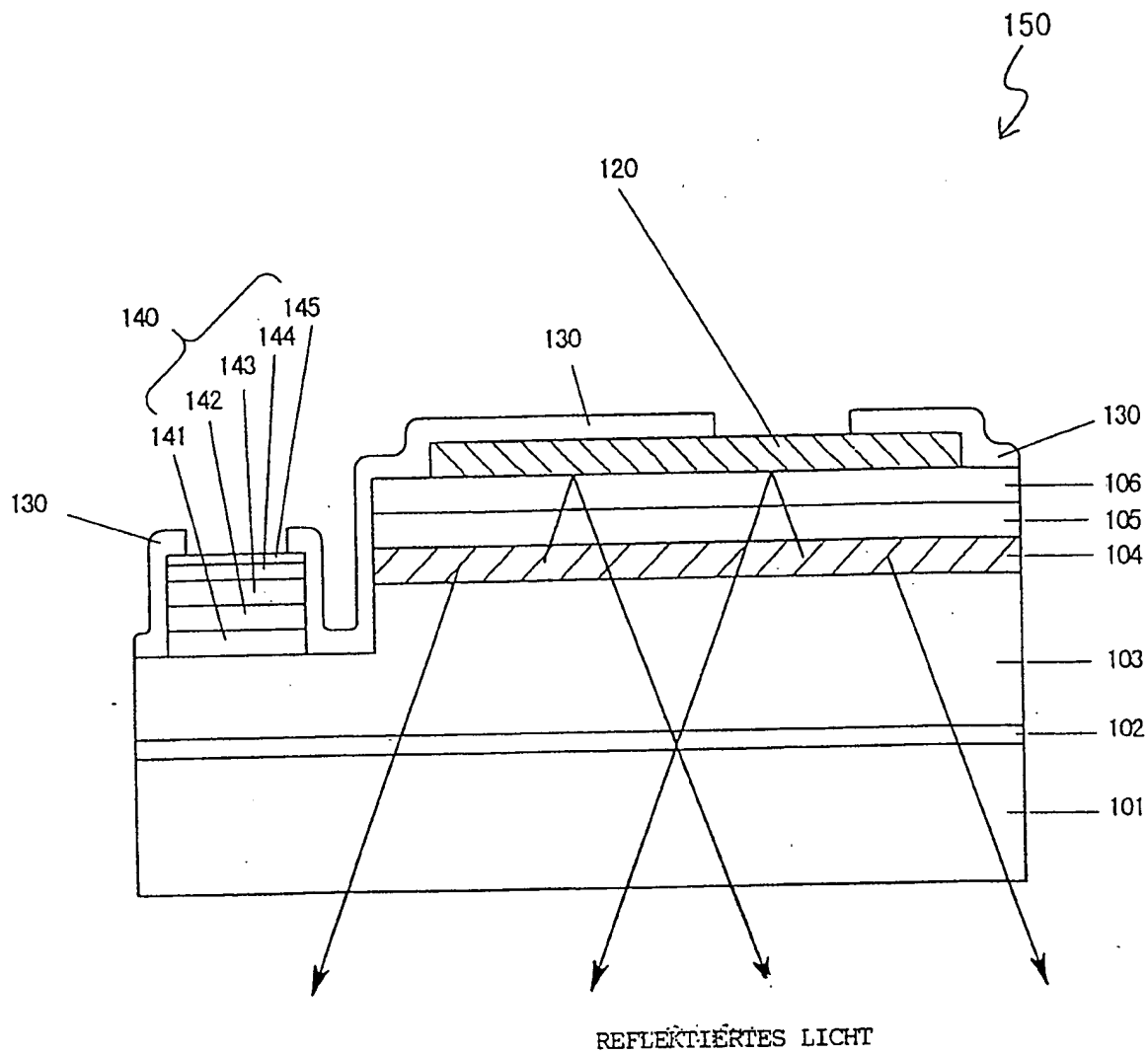


FIG. 9

500

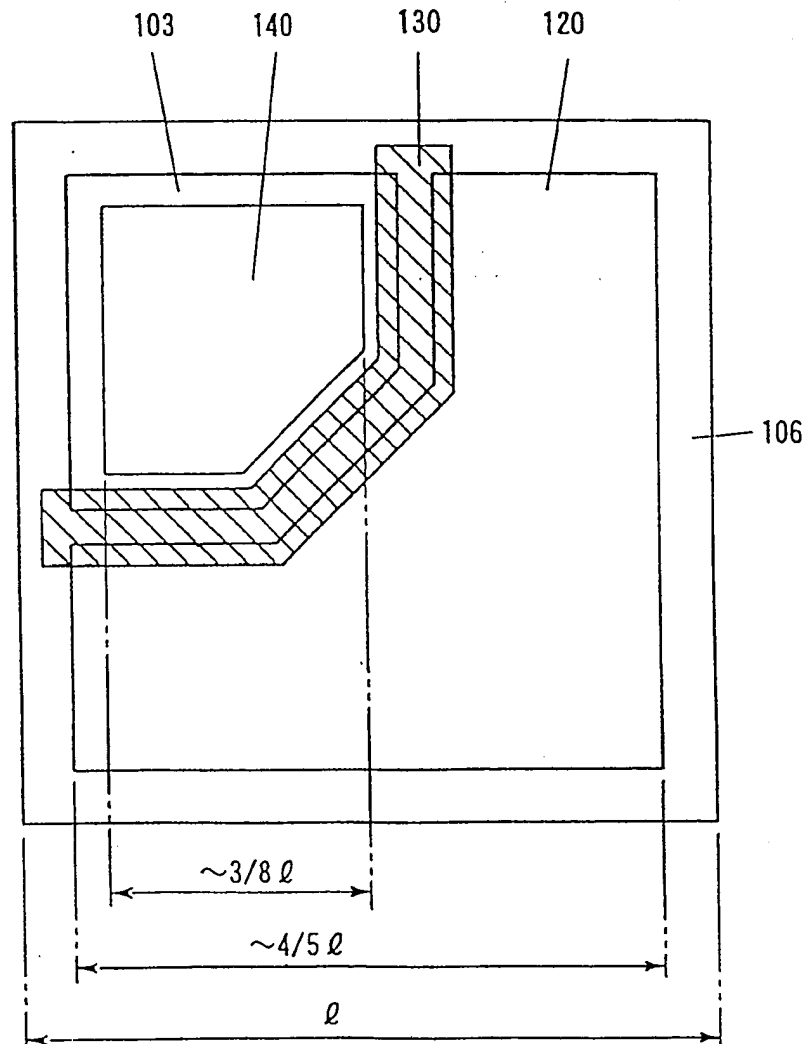


FIG. 10

